

0-795722

На правах рукописи



Рванцов Юрий Андреевич

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ ИМИТАЦИОННЫХ
МОДЕЛЕЙ ДЕЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ:
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ИНСТРУМЕНТАРИЯ**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные
методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Ростов-на-Дону – 2011

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)».

Научный руководитель: доктор экономических наук, профессор
Хубаев Георгий Николаевич

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Ефимов Евгений Николаевич;
кандидат экономических наук
Победенный Алексей Владимирович

Ведущая организация: **ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет»**

Защита состоится 27 декабря 2011 года в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.209.03 в Ростовском государственном экономическом университете «РИНХ» по адресу: 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 69, ауд. 231.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Ростовского государственного экономического университета (РИНХ) и на сайте www.rsue.ru.

Автореферат разослан «25» ноября 2011 г.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000790697

Ученый секретарь
диссертационного совета

И.Ю. Шполянская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Сегодня все предприятия и организации, осуществляющие экономическую деятельность, вынуждены действовать в условиях жесткой конкуренции. В таких условиях на первых план выходят задачи повышения эффективности деловых процессов предприятия и оптимизации его структуры. Для предварительной оценки эффективности работы предприятия, определения «узких мест» и поиска наилучших путей их устранения широко используются методы моделирования. Учитывая сложность моделируемых систем и стохастический характер большинства их количественных характеристик, имитационное моделирование становится наилучшим методом изучения и оценки потребительского качества таких систем. Поэтому руководство предприятий сталкивается с проблемой быстрого и наименее затратного построения имитационных моделей деловых процессов.

Одним из наиболее перспективных методов упрощения процесса создания имитационных моделей является его автоматизация при помощи использования в этом процессе визуальных моделей: схем или диаграмм. Таким образом, разработка методики и инструментария, позволяющих в наибольшей степени автоматизировать трудоемкий процесс построения имитационных моделей является очень актуальной задачей.

Степень изученности проблемы. Проблемы имитационного моделирования, а также вопросы анализа, моделирования и совершенствования бизнес-процессов рассматриваются в работах Л. Арифа (L.B. Arief), С. Бальсамо (S. Balsamo), Н.П. Бусленко, А.М. Вендрова, А.А. Емельянова, У. Кельтона (W. Kelton), М. Марцолла (M. Marzolla), Е.Г. Ойхмана, Д. Петриу (D.C. Petriu), Э.В. Попова, Е.В. Поповой, Р. Пули (R. Pooley), В.В. Репина, Ю.Ф. Тельнова, Е.Н. Тищенко, В.Н. Томашевского, Дж. Форрестера (J. Forrester), Р. Шеннона (R. Shannon), Дж. Шрайбера (T. J. Schriber), Г.Н. Хубаева и др. Однако, построение имитационных моделей вручную сопряжено с большими затратами труда и требует участия узкоквалифицированных специалистов. Предлагаемые же методики автоматизации процесса имитационного моделирования недостаточно проработаны. В частности, они накладывают серьезные ограничения на параметры имитационных моделей, что ограничивает их применимость

для изучения деловых процессов в экономике, которые отличаются большим разнообразием количественных характеристик.

Актуальность проблемы предопределила **цель диссертационного исследования**: разработка методики и инструментария построения имитационных моделей деловых процессов предприятий и организаций, требующих минимальных затрат ресурсов на применение.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие **задачи**:

- 1) разработать алгоритмы построения программного кода, позволяющие снизить трудоемкость создания имитационной модели;
- 2) реализовать разработанные алгоритмы в виде программного продукта, позволяющего осуществлять автоматизированный синтез имитационных моделей;
- 3) на реальном примере протестировать разработанную систему;
- 4) выполнить сравнительную количественную оценку характеристик потребительского качества существующих систем имитационного моделирования.

Объектом диссертационного исследования являются предприятия всех организационно-правовых форм.

Предметом исследования являются процессы, протекающие в экономических системах.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили работы отечественных и зарубежных ученых, посвященные вопросам моделирования деловых процессов, инструктивные материалы, материалы научных конференций и публикаций в периодической печати, материалы, размещенные в сети интернет.

Эмпирической базой исследования стали экспериментальные и статистические данные, полученные при проектировании и эксплуатации экономических информационных систем различного назначения, а также в результате сравнительного анализа существующих систем имитационного моделирования.

Работа выполнена в рамках паспорта специальности 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики» п. 2.2 «Конструирование имитационных моделей как основы экспериментальных ма-

шинных комплексов и разработка моделей экспериментальной экономики для анализа деятельности сложных социально-экономических систем и определения эффективных направлений развития социально-экономической и финансовой сфер» и п. 2.6 «Развитие теоретических основ методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем субъектов экономической деятельности: методы формализованного представления предметной области, программные средства, базы данных, корпоративные хранилища данных, базы знаний, коммуникационные технологии».

Инструментарий исследования составили методы научного познания – наблюдения, сравнения, системного анализа, унифицированный язык моделирования UML, современное программное обеспечение общего и специального назначения: Microsoft Office 2003, Delphi 7, Free Pascal.

Научная новизна результатов исследования. Элементы научной новизны содержат следующие результаты:

1. Предложена совокупность оригинальных алгоритмов, ориентированных на использование отношений агрегации и зависимости между компонентами метамодели и обеспечивающих возможность рекурсивного построения программного кода имитационной модели анализируемого делового процесса и позволяющих многократно снизить трудоемкость разработки имитационной модели.

2. Проведена сравнительная количественная оценка существующих систем имитационного моделирования деловых процессов по критерию функциональной полноты, включающая операции вычисления мер подобия систем и построение граф-моделей, визуализирующих взаимосвязь между сравниваемыми системами по выполняемым функциям, и позволяющая составить перечень функций, реализуемых представленными на рынке системами, количественно оценить степень соответствия конкретной системы требованиям пользователя к функциональной полноте, сопоставлять цены и другие характеристики сравниваемых систем, имеющих одинаковую функциональную полноту.

3. Создана система автоматизированного синтеза имитационных моделей деловых процессов СИМ-UML, отличающаяся реализацией разработанных алгоритмов. Система СИМ-UML позволяет: конструировать

визуальную модель, содержащую количественные параметры моделируемого процесса; генерировать код имитационной модели; проводить имитационное моделирование, оценивать статистические характеристики делового процесса.

4. Построены с использованием разработанной системы СИМ-UML визуальные модели, иллюстрирующие последовательность операций, выполняемых персоналом вуза в процессе движения документа, и имитационные модели, позволяющие реализовать моделирование работы системы автоматизированного документооборота, получать численные значения статистических характеристик и распределение времени выполнения отдельных подмножеств операций и процесса в целом, оценивать резервы снижения затрат времени на документооборот в вузе.

5. Выполнена оценка совокупной стоимости владения системой СИМ-UML, отличающаяся использованием процедуры пошагового упорядочения затрат с оценкой характеристик распределения, позволяющей обоснованно формировать подмножества основных затрат ресурсов, количественно оценивать значения каждого вида затрат в выделенном подмножестве, получать оценки статистических характеристик, распределение и доверительные границы значений затрат по каждой включенной в расчет статье.

Положения и результаты, выносимые на защиту:

- 1) алгоритмы автоматизированного синтеза имитационной модели на основе UML-диаграмм, дополненных количественными характеристиками;
- 2) система имитационного моделирования деловых процессов СИМ-UML;
- 3) результаты сравнительной оценки систем имитационного моделирования деловых процессов по критерию функциональной полноты;
- 4) результаты оценки системы СИМ-UML по критерию совокупной стоимости владения;
- 5) совокупность визуальных и имитационных моделей процессов управления контингентом студентов вуза в условиях автоматизированного документооборота.

Апробация работы. Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на конференциях и симпо-

зиумах: межвузовская научно-практическая конференция «Статистика в современном мире: методы, модели, инструменты» (Ростов-на-Дону, РГЭУ (РИНХ), 2008, 2010), «Математическая экономика и экономическая информатика» (юбилейные научные чтения, посвященные 75-летию со дня рождения В.А. Кардаша).

Основные результаты диссертационного исследования используются в деятельности ряда организаций (ООО «Бизнес Автоматизация», ФГП «Ведомственная охрана железнодорожного транспорта РФ») для анализа и совершенствования деловых процессов. Разработанные методы и инструментарий нашли применение в работе управления компьютеризации учебной и административной деятельности Ростовского государственного экономического университета (РИНХ) и в работе административного управления Донского государственного технического университета.

На основании результатов исследования создан программный продукт «Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML "СИМ-UML"» (№2009610414, РОСПАТЕНТ), широко используемый в практике моделирования деловых процессов предприятий и организаций.

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования изложены в 7 печатных работах.

Структура диссертационного исследования. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, 2 приложений. Основной текст включает в себя 16 таблиц, 28 рисунков. Библиографический список включает 164 источника.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определены цель, задачи, объект, предмет, методы исследования, инструментарий исследования, приведены положения и результаты, выносимые на защиту.

В первой главе «Исследование проблемы автоматизированного синтеза имитационных моделей» рассмотрены основные принципы и методы разработки имитационных моделей, существующие на текущий момент.

Обоснована актуальность проблемы автоматизированного синтеза имитационных моделей при помощи визуальных схем и диаграмм. Выделены задачи, которые возникают в процессе решения этой проблемы: выбор нотации и методики визуального моделирования; интеграцию структурных и количественных компонентов; разработку методов и алгоритмов имитационного моделирования; создание соответствующего программного обеспечения.

В качестве наиболее перспективного варианта для визуального представления деловых процессов был выбран язык UML. Такой выбор обусловлен рядом значительных преимуществ языка¹.

Язык UML:

1) обладает гибкостью и универсальностью. Средства языка можно использовать для решения задач анализа, моделирования и проектирования в различных областях;

2) содержит средства представления как статике, так и динамики моделируемой системы;

3) включает в себя представления и визуальные средства, позволяющие рассматривать моделируемую систему:

- с разных сторон;
- на разном уровне детализации;
- на разных этапах анализа, проектирования и разработки;

¹ Хубаев Г.Н., Щербаков С.М. Конструирование имитационных моделей в экономике и управлении. Монография // Ростов-н/Д., РГЭУ «РИНХ», 2008. – 175 с.

4) является признанным стандартом проектирования и разработки программного обеспечения в рамках концепции объектно-ориентированного проектирования;

5) обладает возможностью расширения, что позволяет адаптировать средства языка для эффективного решения задач моделирования в разных областях;

6) реализует объектно-ориентированную идеологию, соответствующую специфике имитационного моделирования.

При этом установлено, что большинство предлагаемых методик интеграции визуального и имитационного моделирования предполагает использование существующих визуальных UML-моделей для поддержки построения имитационной модели. Различные диаграммы языка UML могут использоваться для формирования компонентов имитационной модели.

Разработка инструментария использования языка UML в задачах имитационного моделирования потребовала принятия ряда решений технологического характера. Прежде всего, речь идет о способах отражения количественной информации на UML-диаграммах и о механизмах взаимодействия с CASE-средствами.

Обоснована целесообразность реализации автоматизированного синтеза имитационных моделей с формированием программного кода на основе взаимосвязанных диаграмм языка UML и количественных компонентов (переменных). Для этого необходима разработка совокупности алгоритмов реализации имитационной модели и алгоритмов автоматического построения ее программного кода.

Во второй главе «Методика автоматизированного синтеза имитационных моделей и ее применение» рассматриваются особенности, этапы и алгоритмы построения имитационных моделей в соответствии с предлагаемой методикой и особенности ее применения при решении различных практических задач.

Процесс имитационного моделирования в рамках предлагаемой методики включает следующие этапы:

- 1) построение визуальной модели;
- 2) автоматическая генерация программного кода имитационной модели;

- 3) компиляция программного кода;
- 4) прогон модели и анализ результатов моделирования.

На первом этапе формируется структура имитационной модели в виде диаграмм языка UML. Далее, для каждого компонента диаграмм, в соответствии с разработанным для него алгоритмом, автоматически формируется фрагмент программного кода. При построении программного кода по такому компоненту необходимо сформировать и присоединить программный код для всех компонентов, от которых зависит данный, и добавить необходимый код для расчета значения, т.е. используется рекурсивное построение программного кода имитационной модели. Для компонентов, которые могут зависеть от других, необходимо произвести синтаксический анализ. Если в результате анализа выявлены подобные зависимости, то для каждой из них производится формирование кода влияющего компонента, полученный программный код присоединяется к программному коду текущего компонента.

Последующая сборка фрагментов приводит к построению программного кода имитационной модели в целом. Полученный программный код компилируется и запускается на выполнение, после чего пользователю выдаются результаты моделирования в табличном и графическом виде.

Представленная методика обладает рядом преимуществ:

- использование возможностей языка UML для представления динамики деловых процессов – UML-диаграммы языка определяют последовательность программных компонентов;
- возможность изменять содержимое каждого фрагмента кода без изменения основных алгоритмов его реализации. Таким образом, имеется потенциал для расширения функциональных возможностей имитационной модели.

Проведен анализ особенностей применения метода автоматизированного синтеза имитационных моделей для оценки затрат ресурсов при моделировании компьютерных сетей. Эффективность построения и использования корпоративных сетей стала чрезвычайно актуальной задачей, особенно в условиях недостаточного финансирования информационных технологий на предприятиях. Критериями эффективности могут служить снижение стоимости использования сети, соответствие текущим

требованиям и требованиям ближайшего времени, возможность и стоимость дальнейшего развития.

Выделены основные этапы и определена значимость результатов моделирования в случае применения предлагаемой методики для анализа, моделирования и совершенствования деловых процессов организации.

На основании полученных данных сделан вывод о том, что предлагаемая методика автоматизированного синтеза имитационных моделей деловых процессов на основе диаграмм UML является в достаточной степени универсальной для создания имитационных моделей в различных сферах деятельности и обеспечивает решение широкого спектра задач, таких как:

- оценка и минимизация затрат трудовых и материальных ресурсов на деловые и производственные процессы;
- оптимизация численности управленческого персонала;
- исследование эффективности организации деловых процессов с точки зрения затрат рабочего времени или стоимости;
- оценка эффективности принимаемых управленческих решений;
- оценка эффективности проектирования и использования автоматизированных информационных систем;
- решение других задач, связанных с моделированием работы и оценкой сложных динамических систем.

В третьей главе «Разработка инструментария для автоматизированного синтеза имитационных моделей» рассмотрены структура, функциональные возможности и основные принципы работы системы имитационного моделирования «СИМ-UML», которая и является программной реализацией исследуемой методики автоматизированного синтеза имитационных моделей.

К базовым принципам, на которых построена система, можно отнести следующие:

- интеграция визуального и имитационного моделирования деловых процессов;
- использование языка UML для представления структуры деловых процессов;
- автоматизированный синтез имитационной модели.

Основными задачами системы имитационного моделирования СИМ-UML являются:

- поддержка списка переменных, позволяющих задавать количественные характеристики модели;
- построение с помощью графического конструктора UML-моделей, определяющих структурные и поведенческие характеристики делового процесса;
- автоматическое формирование программного кода имитационной модели.

Структура системы «СИМ-UML» представлена в виде диаграммы пакетов на рисунке 1. Из рисунка видно, что структурные элементы системы могут быть разделены на несколько уровней или слоев.

Три пакета верхнего уровня предназначены для организации взаимодействия системы с пользователем.

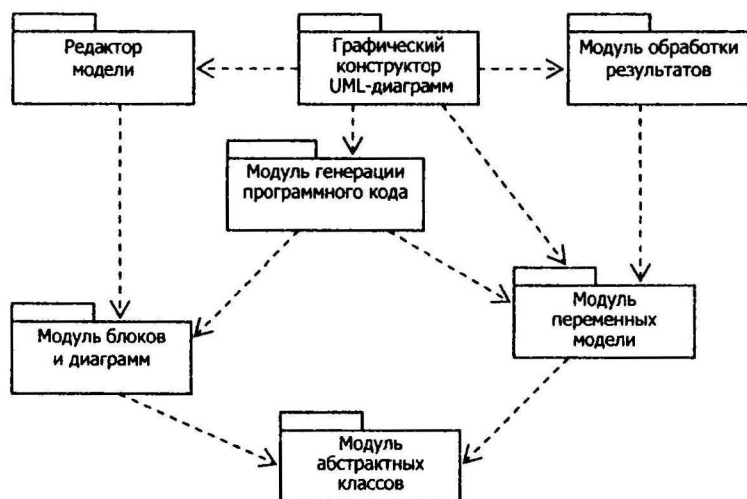


Рис. 1. Структура системы имитационного моделирования ²

² Щербаков С.М., Рванцов Ю.А. Имитационные модели деловых процессов: мета-модель автоматизированного синтеза. // Статистика в современном мире: методы, модели, инструменты: материалы II межвузовской научно-практической конференции. / Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 179-185.

Модуль генерации программного кода содержит классы, отвечающие за построение программного кода имитационной модели на основе переменных и диаграмм языка UML. В частности, пакет содержит класс «Программный модуль», отвечающий за автоматизированное формирование программного кода имитационной модели. Класс связан отношениями композиции с вспомогательными классами, отвечающими за регистрацию переменных, формирование ввода/вывода моделирующей программы и построение плана имитационного эксперимента. Объект класса «Программный модуль» взаимодействует с объектами, соответствующими переменным имитационной модели, для генерации программного кода на их основе. Класс включает методы для проведения синтаксического анализа.

Модуль переменных модели содержит классы, позволяющие описывать модель в виде множества переменных различных видов, а модуль диаграмм и блоков содержит набор классов, представляющих деловые процессы в виде диаграмм языка UML. Два этих модуля являются основными (классы, рассмотренные ранее, отнесены именно к этим модулям). С одной стороны, они определяют дальнейшие проектные решения, а с другой – представляют в системе реализацию метамодели, обеспечивающей интеграцию визуального и имитационного моделирования.

Для уменьшения степени зависимости между различными частями системы используются модуль, содержащий абстракции нижнего уровня.

Пакет переменных модели содержит классы, позволяющие описывать модель в виде множества переменных различных видов, а пакет диаграмм и блоков содержит набор классов, представляющих деловые процессы в виде диаграмм языка UML.

Эти пакеты, с одной стороны, определяют дальнейшие проектные решения, а с другой – представляют в системе реализацию метамодели, обеспечивающей интеграцию визуального и имитационного моделирования.

Одним из основных классов является абстрактный класс переменных. Имитационная модель рассматривается как совокупность переменных разных классов. С использованием принципа наследования опре-

деляются конкретные виды переменных: аргументы, функции, факторы имитационного эксперимента и переменные-процессы.

Для описания переменной-процесса необходимы такие классы, как «Диаграмма прецедентов» и «Диаграмма деятельности», которые являются частными случаями абстрактного класса «Диаграмма». В свою очередь, каждый класс диаграмм включает различные элементы: блоки, связи, а диаграмма деятельности – еще и плавательные дорожки для указания исполнителей операций.

Класс «Блок», соответствующий блоку диаграммы порождает следующие дочерние классы: прецедент, актор, блоки начала и окончания процесса, блок условия, блок операции и т.д. Блок связан с другими с помощью одной (начало и окончание процесса), двух (операция) или более (актор, прецедент) связей. Блок может содержать переменную, например, блок операции включает переменную, задающую продолжительность выполнения соответствующей операции делового процесса.

На рисунке 2 представлена диаграмма последовательности, иллюстрирующая процесс генерации программного кода имитационной модели.

Приведенная диаграмма последовательности демонстрирует взаимодействие объектов различных классов при формировании программного кода. За процесс генерации кода в целом отвечает класс «Программный модуль», который и представляет в системе создаваемый модуль программного кода. Объект этого класса создается при инициации пользователем системы процесса моделирования. Начальной точкой является объект «целевая переменная», дальнейшее построение производится путем рекурсивного обхода других объектов, связанных с целевой переменной отношениями композиции или зависимости.

Объект «программный модуль» создает все необходимые вспомогательные объекты, такие как объект «регистратор», и вызывает для целевой переменной метод «Моделировать()», который должен возвратить программный код для получения значения переменной. При этом ссылка на сам объект «программный модуль» передается в виде контекста.

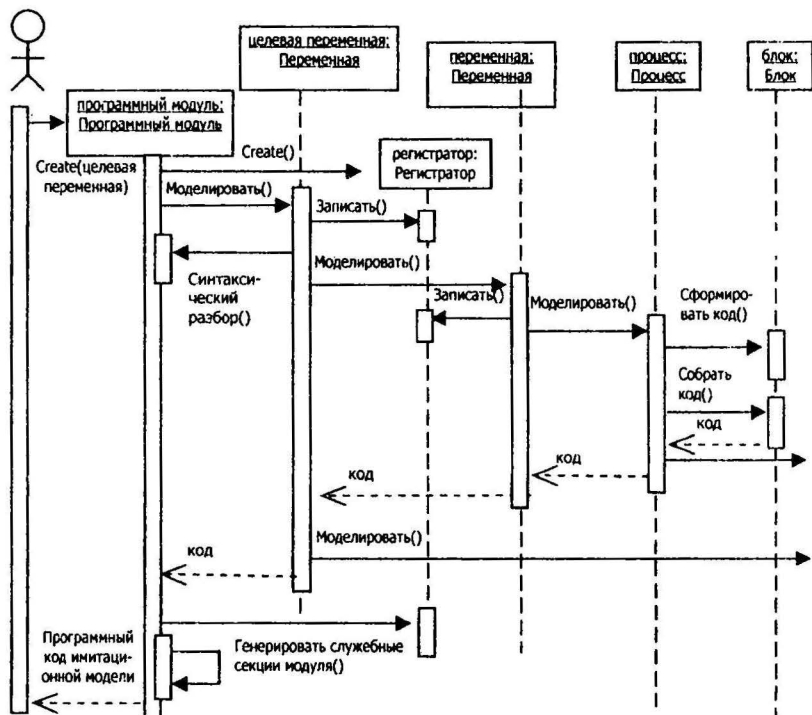


Рис. 2. Процесс автоматического формирования программного кода имитационной модели ³

При формировании программного кода по переменной производится ее регистрация и (при необходимости) синтаксический разбор с помощью соответствующих объектов. Если переменная зависит от других объектов, каждому из них направляется сообщение «Моделировать()» с передачей контекста.

³ Щербаков С.М., Рванцов Ю.А. Имитационные модели деловых процессов: мета-модель автоматизированного синтеза. // Статистика в современном мире: методы, модели, инструменты: материалы II межвузовской научно-практической конференции. / Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 179-185.

При построении программного кода по UML-диаграмме проводится генерация программного кода по всем ее блокам, а затем сборка программного кода.

В результате выполнения процедуры «Моделировать()» возвращается программный код для получения значения переменной. Таким образом, результатом обращения к объекту «программный модуль» является программный код получения значения целевой переменной (например, годовые затраты труда по организации в целом).

На завершающем этапе объект «программный модуль» с помощью регистратора и других вспомогательных объектов производит оформление программного модуля - добавление необходимых секций программы.

В результате описанного процесса на основе рассмотренных ранее компонентов имитационной модели, определяющих модель деловых процессов, формируется имитационная модель, позволяющая оценить выходные характеристики исследуемой системы.

Для того чтобы оценить потребительское качество системы СИМ-UML и ее перспективы на рынке программных средств для имитационного моделирования, проведен сравнительный анализ систем имитационного моделирования по критерию функциональной полноты⁴.

На первом шаге исследования отобраны системы имитационного моделирования для анализа. В число выбранных программных продуктов вошли:

1. ARIS Simulation – часть комплекса средств анализа и моделирования деятельности предприятия, а также разработки автоматизированных информационных систем ARIS Toolset.
2. Система имитационного моделирования Arena.
3. Simulink – приложение к пакету Matlab для имитационного моделирования сложных процессов и систем.
4. Anylogic – отечественная система имитационного моделирования, главным отличием которой является возможность создавать анимированные графические модели при помощи языка программирования Java.

⁴ Хубаев Г.Н. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты. // Программные продукты и системы. 1998. № 2. С. 6–9.

5. Business Studio – комплексная система бизнес-моделирования объектов и процессов системы управления предприятий.

На *втором шаге* составлен список функций, по которым проводится анализ. При этом отобраны как функции, существенные для процесса построения и работы с имитационными моделями, так и функции, обеспечивающие удобство и производительность при работе пользователя с системой. Фрагмент списка выбранных функций приведен в таблице 1.

Таблица 1

Список функций систем
имитационного моделирования (фрагмент)

Код	Функция
f1	Автоматическая генерация программного кода имитационной модели
f2	Возможность анимировать процесс моделирования
f3	Возможность быстрого изучения системы
...	...
f25	Проверка синтаксической правильности визуальной модели
f26	Редактирование имеющихся законов распределения
...	...

На *третьем шаге* заполнена таблица начальных данных, элементы которой (X_{ij}) определяются по следующему правилу:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-я функция реализуется } i\text{-м ПП;} \\ 0, & \text{если не реализуется (не выполняется).} \end{cases}$$

Далее, на основании данных исходной таблицы рассчитаны матрица Р, элементы которой показывают различие сравниваемых систем по функциям, и матрица Н (таблица 2), элементы которой (H_{ik}) показывают, какая часть функций, реализуемых i -той системой, реализуется также и j -той системой, т.е. насколько i -я система поглощает j -ю систему.

Таблица 2 демонстрирует высокую степень взаимного поглощения анализируемых систем, что свидетельствует о наличии определенного базового набора функций, реализованных всеми системами, что позволяет говорить о том, что эти системы сравнимы между собой и доказывает значимость полученных в ходе их сравнения результатов.

Таблица 2

Матрица поглощения систем
имитационного моделирования

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML	Anylogic	Business studio
Aris	1	0,9	0,941	0,64	0,696	0,783
Arena	1	1	1	0,68	0,783	0,826
Simulink	0,889	0,85	1	0,64	0,696	0,739
СИМ-UML	0,889	0,85	0,941	1	0,87	0,913
Anylogic	0,889	0,9	0,941	0,8	1	0,87
Business studio	1	0,95	1	0,84	0,87	1

Помимо сравнения систем между собой, пользователю может быть необходимо определить, какие из них позволяют полностью решить задачи, стоящие перед пользователем.

Для определения систем, позволяющих решить эти задачи, выделены функции, необходимые для их решения и в таблицу начальных данных добавлена условная система (обозначенная Z), реализующая выделенный набор функций. На основании новой таблицы исходных данных рассчитаны матрицы и графы разности, подобия и поглощения для списка рассматриваемых систем.

Как видно из представленной в таблице 3 матрицы поглощения, почти все рассматриваемые программные продукты полностью поглощают условную систему ($H_i7 = 1$).

Таблица 3

**Матрица поглощения
с включением условной системы**

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML	Anylogic	Business studio	Z
Aris	1	0,9	0,941	0,64	0,696	0,783	1
Arena	1	1	1	0,68	0,783	0,826	1
Simulink	0,889	0,85	1	0,64	0,696	0,739	0,909
СИМ-UML	0,889	0,85	0,941	1	0,87	0,913	1
Anylogic	0,889	0,9	0,941	0,8	1	0,87	0,818
Business studio	1	0,95	1	0,84	0,87	1	1
Z	0,611	0,55	0,588	0,44	0,391	0,478	1

Таким образом, сравнение систем имитационного моделирования деловых процессов по критерию функциональной полноты позволило определить степень сходства и различия исследуемых систем и выделить системы, полностью удовлетворяющие требованиям пользователей к функциональной полноте.

Рассчитана совокупная стоимость владения (TCO – total cost of ownership) системой СИМ-UML на этапе жизненного цикла продолжительностью пять лет с использованием процедуры пошагового упорядочения основных затрат, включаемых в расчет совокупной стоимости владения объектами длительного пользования, и методики получения групповой экспертной оценки значений показателей⁵. Для получения оценок затрат сформирована экспертная группа, включающая специалистов в тех областях, в которые входят выделенные статьи затрат. Полученные экспертные оценки величины отдельной статьи затрат заносились в специальную таблицу.

⁵ Хубаев Г.Н., Родина О.В. Модели, методы и программный инструментарий оценки совокупной стоимости владения объектами длительного пользования (на примере программных систем): монография. – Ростов-на-Дону: Изд. ГОУ ВПО «РГЭУ (РИНХ)», 2011.- 369 с.

В результате имитационного моделирования на каждом k -ом шаге экспертизы получены статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсия, коэффициент вариации, эксцесс, асимметрия) и распределение (гистограмма) значений функции, представляющей обобщенное коллективное мнение экспертов ($E_{oh}^{(k)}$) об искомом значении затрат по каждой статье.

На каждом очередном k -ом шаге экспертизы оценивались значения коэффициента вариации ($Koef_{var}^{(k)}$) функции $E_{oh}^{(k)}$. При отклонении коэффициента вариации от предыдущего значения, на 5 и менее процентов экспертиза завершалась.

В четвертой главе «Применение метода автоматизированного синтеза имитационных моделей для определения направлений совершенствования автоматизированного документооборота вуза» рассмотрено использование «СИМ-UML» для анализа показателей работы системы кадрового учета и автоматизации документооборота вуза «Контингент» и путей повышения эффективности движения документов. Процесс движения документа в системе документооборота вуза представлен в виде диаграммы деятельности языка UML.

Фрагмент диаграммы деятельности, иллюстрирующей последовательность операций, выполняемых человеком в процессе движения документа в условиях автоматизированного документооборота, представлен на рисунке 3.

На основании построенной диаграммы деятельности сформирована имитационная модель процесса движения документа. Для этого каждому блоку диаграммы присвоены числовые характеристики. В качестве таких характеристик выступили переменные модели, определенные ранее и конкретные числовые параметры, указываемые непосредственно в форме редактирования элемента диаграммы. Все использованные численные характеристики получены в ходе статистических опросов сотрудников РГЭУ, участвующих в процессе документооборота или экспериментальным путем во время опытной эксплуатации программы «Контингент».

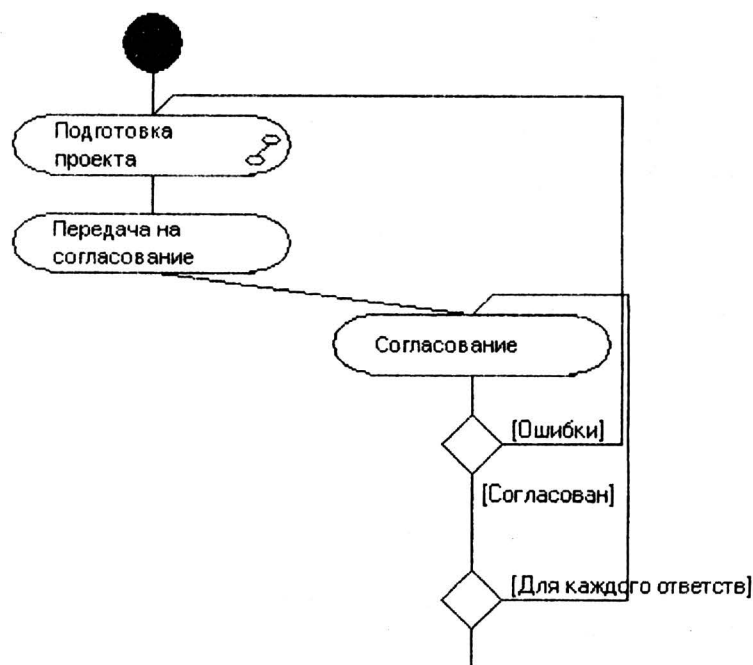


Рис. 3. Фрагмент диаграммы деятельности
процесса движения документа

В результате выполнения кода, сформированного на данных модели, рассчитаны статистические характеристики выходного параметра.

Результаты имитационного моделирования рассматриваемого процесса в системе «СИМ-UML» приведены на рисунке 4.

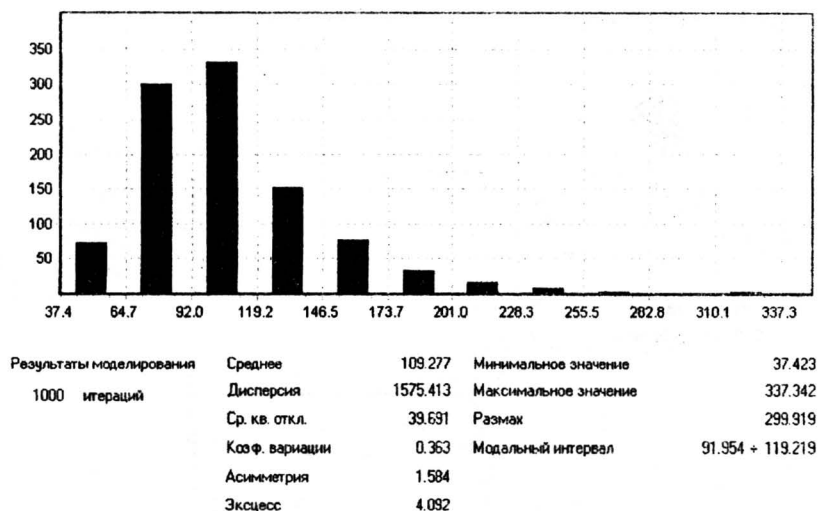


Рис. 4. Результаты имитационного моделирования
процесса движения документа

В заключении диссертации сформулированы выводы по результатам проведенного исследования.

Основные положения диссертации нашли свое отражение в следующих публикациях:

Статьи в периодических научных изданиях, выпускаемых в РФ и рекомендованных ВАК

1. Рванцов Ю.А. Визуальные и имитационные модели для оценки затрат времени на обработку документов в вузе [Электронный ресурс] / Ю.А. Рванцов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2010. – № 4 (24). – Режим доступа к журн.: <http://uecs.ru>. – 0,5 п.л.

2. Рванцов Ю.А. Сравнительный анализ систем имитационного моделирования деловых процессов по критерию функциональной полноты. / Ю.А. Рванцов // Вестник Донского государственного технического университета. – 2011. – №1(52). - с. 69 – 73. – 0,5 п.л.

3. Рванцов Ю.А. Оценка совокупной стоимости владения системой автоматизированного синтеза имитационных моделей «СИМ-UML» / О.В. Родина, Ю.А. Рванцов [Электронный ресурс] // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2011. – № 6 (30). – Режим доступа к журн.: <http://uecs.ru>. – 0,6 п.л. (лично автора 0,3 п.л.).

Статьи в периодических научных изданиях, в материалах конференций и в сборниках научных трудов вузов

4. Рванцов Ю.А. Имитационное моделирование деловых процессов на основе диаграмм языка UML / С.М. Щербаков, Ю.А. Рванцов // Проблемы федеральной и региональной экономики: ученые записки. – 2008. – Вып. 11. – с. 171-179. – 0,45 п.л. (лично автора – 0,2 п.л.).

5. Рванцов Ю.А. Система имитационного моделирования деловых процессов СИМ-UML / С.М. Щербаков, Ю.А. Рванцов // Информационные технологии моделирования и управления. – 2009. – №4(56). – с. 516-525. – 0,5 п.л. (лично автора – 0,2 п.л.).

6. Рванцов Ю.А. Имитационные модели деловых процессов: метамодель автоматизированного синтеза. / С.М. Щербаков, Ю.А. Рванцов // Статистика в современном мире: методы, модели, инструменты: материалы II межвузовской научно-практической конференции. / Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону, 2008. – с. 179-185. – 0,25 п.л. (лично автора – 0,1 п.л.).

7. Рванцов Ю.А. Сравнительный анализ систем имитационного моделирования деловых процессов. / Ю.А. Рванцов // Математическая экономика и экономическая информатика: материалы научных чтений, посвященных 75-летию со дня рождения выдающегося экономиста-математика, доктора экономических наук, профессора Кардаша Виктора Алексеевича (10.10.1935 г. – 12.05.2010 г.) / Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону, 2011. – с. 215-220. – 0,15 п.л.

Зарегистрированные программные средства

8. Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML «СИМ-UML» / Авторы-правообладатели: Хубаев Г.Н., Щербаков С.М., Рванцов Ю.А. // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. - №2009610414. – М.: РОСПАТЕНТ, 2009.

В печать 24.11.2011.

Формат 60х84/16. Бумага тип №3. Офсет.

Объем 1,5 усл.п.л. Заказ №617. Тираж 100 экз.

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1.

10 2